

**CLIPPEDIMAGE= JP02000101142A**  
**PAT-NO: JP02000101142A**  
**DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000101142 A**  
**TITLE: COMPOUND SEMICONDUCTOR ELEMENT**

**PUBN-DATE: April 7, 2000**

**INVENTOR-INFORMATION:**

| <b>NAME</b>                | <b>COUNTRY</b> |
|----------------------------|----------------|
| <b>SASANUMA, KATSUNOBU</b> | <b>N/A</b>     |
| <b>SAITO, SHINJI</b>       |                |
| <b>JOHN, RENNIE</b>        | <b>N/A</b>     |
|                            | <b>N/A</b>     |

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

| <b>NAME</b>         | <b>COUNTRY</b> |
|---------------------|----------------|
| <b>TOSHIBA CORP</b> | <b>N/A</b>     |

**APPL-NO: JP10271605**  
**APPL-DATE: September 25, 1998**

**INT-CL\_(IPC): H01L033/00; H01S005/343**

**ABSTRACT:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To form a buried contact layer into a thin film to contrive to reduce the voltage of a compound semiconductor element, the leakage of light in the element and the threshold value of the element by a method wherein the contact layer of a laser diode of a current constricting structure is used as a superlattice structure.

**SOLUTION:** A contact layer 11 is used as a superlattice structure consisting of an AlGaN layer and a GaN layer, an injected current density in an active layer 13 is given as J, a voltage, which is generated in the interface (p-type contact) between a p-type electrode metal layer 12 and a semiconductor layer and the p-type contact layer 11, is given as V and the series resistance of a p-type part put together the p-type contact and the layer 11 is given as V/J. In the case where the layer 11 is assumed to be a GaN layer, a superlattice contact layer is used and when the low-resistance GaN layer is thicker than the AlGaN

layer of a resistance higher than that of the GaN layer, the series resistance  $V/J$  of the p-type part becomes the low resistance at a thin place in the layer 11. The layer 11 can be formed into a thin film by using a superlattice contact, the active layer 13 is used as a quantum well structure consisting of an InGaN layer, a light guide layer 14 is used as an SCH structure consisting of the GaN layer, a clad layer 15 is used as an SCH structure consisting of the AlGaN layer, the optical confinement coefficient of the layer 13 is increased by a thinner filming of the layer 11 and the threshold value of a compound semiconductor element can be reduced.

**COPYRIGHT: (C)2000,JPO**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-101142

(P2000-101142A)

(43) 公開日 平成12年4月7日 (2000.4.7)

| (51) IntCl <sup>7</sup> | 識別記号 | F I           | テマコード (参考)      |
|-------------------------|------|---------------|-----------------|
| H 0 1 L 33/00           |      | H 0 1 L 33/00 | C 5 F 0 4 1     |
| H 0 1 S 5/343           |      | H 0 1 S 3/18  | 6 7 7 5 F 0 7 3 |

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平10-271605

(22) 出願日 平成10年9月25日 (1998.9.25)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 笹沼 克信

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 斎藤 真司

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100081732

弁理士 大胡 典夫 (外1名)

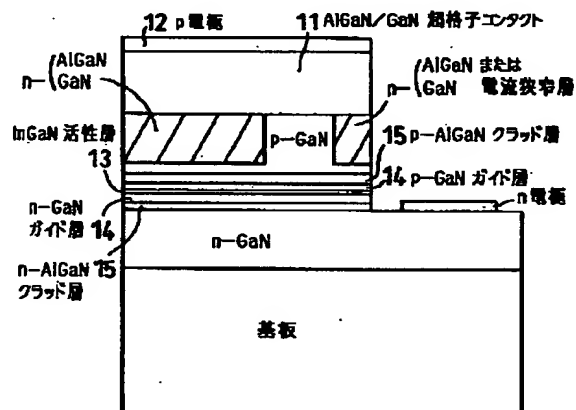
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 化合物半導体素子

(57) 【要約】

【課題】 低しきい値、低電圧、高発光効率で動作し、熱抵抗が低く長寿命かつ信頼性の高い発光ダイオードやレーザを開発する。

【解決手段】 電流狭窄構造レーザダイオードにおいて、コンタクト層11をAlGaInとGaInの超格子構造を用いることによりコンタクト層11を薄膜化し、低電圧かつ低しきい値で動作する半導体発光素子を実現する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 IS (inner stripe) 構造またはSBR (selectively buried ridge waveguide) 構造等の埋め込み型レーザダイオードにおいて、コンタクト層が超格子構造からなることを特徴とする化合物半導体素子。

【請求項2】 請求項1における超格子構造コンタクト層がInAlGa<sub>N</sub>からなり、超格子を構成する各薄膜層が組成が異なるかまたは不純物濃度が異なるかまたはこの両方が異なることを特長とする化合物半導体素子。

【請求項3】 上記超格子構造コンタクト層がAlGa<sub>N</sub>薄膜層とGa<sub>N</sub>薄膜層との繰返しで構成されるかまたは組成の異なるAlGa<sub>N</sub>薄膜層の繰返しで構成されることを特長とする請求項1記載の化合物半導体素子。

【請求項4】 請求項1における超格子構造のコンタクト層において、超格子を構成する低抵抗の薄膜層の厚さが高抵抗の薄膜層の厚さよりも大きいことを特長とする化合物半導体素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、IS (inner stripe) 構造またはSBR (selectively buried ridge waveguide) 構造等の埋め込み型レーザダイオードにおけるコンタクト抵抗を低減する構造に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、Ga<sub>N</sub>、InGa<sub>N</sub>、AlGa<sub>N</sub>、InAlGa<sub>N</sub>などの窒化ガリウム系化合物半導体が青色半導体レーザの材料として注目されている。これらの材料による発光デバイスは光ディスクなど高密度情報処理用の光源として期待されている。

【0003】しかしながら、特にGa<sub>N</sub>系化合物半導体においては、電極ストライプ構造やリッジ構造といった量産性に優れた構造でしかレーザ素子を実現されていなかった。量産性に優れた内部電流狭窄構造に代表される埋め込み型レーザ素子は、コンタクト抵抗が高いためにGa<sub>N</sub>コンタクト層を厚くし、電極金属との接触部（コンタクト）において電流密度を低減し、コンタクト抵抗を低減する必要があった。しかしGa<sub>N</sub>コンタクト層はp型キャリアを高くすることが困難であるため、コンタクト層を厚くすることでシリーズ抵抗が増加し、素子全体の抵抗を下げるのが困難であった。また、Ga<sub>N</sub>コンタクト層を厚く設けると、Ga<sub>N</sub>の屈折率が活性層の実効屈折率よりも高いためにレーザ動作時に光がGa<sub>N</sub>コンタクト層に漏れやすくなる。その結果活性層の光閉じ込めが悪くなりしきい値が上がる結果が得られており、埋め込み型レーザダイオードでは電圧が高くしきい値が高い素子しか得られていないのが現状である。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】埋め込み型レーザダイオードでは、電流狭窄層において電流を絞り込む必要が

あり、電極金属と半導体層の界面（コンタクト）に生ずるコンタクト抵抗を低減するために電極金属と電流狭窄層の間に存在するコンタクト層の厚さを大きく取り、電極金属と半導体層の界面（コンタクト）における電流密度を低減する必要がある。電流密度を下げることで、コンタクトにおける電圧降下が減少する。しかしコンタクト層を厚くすることは、同時にコンタクト層のバルクとしての抵抗値の増加を招く。とくに窒化ガリウム系半導体においては、p型Ga<sub>N</sub>のキャリア密度を高くすることが難しく、コンタクト層を厚くして電極金属と半導体の界面に生ずるコンタクト抵抗を減少してもコンタクト層における抵抗が上昇し、結果として素子全体のシリーズ抵抗はそれほど下がらないという問題がある。

【0005】また、とくに窒化ガリウム系半導体においては、活性層をInGa<sub>N</sub>のMQW（量子井戸）構造、光ガイド層をGa<sub>N</sub>、クラッド層をAlGa<sub>N</sub>としたSCH構造を用いるため、コンタクト層をGa<sub>N</sub>とするとクラッド層よりも屈折率が高いために、光がコンタクト層に漏れるという問題が生じる。このため活性層InGa<sub>N</sub>の光閉じ込め係数が減少し、しきい値が上昇するという問題がある。これを回避するためにはコンタクト層の厚さを薄くするか、コンタクト層の平均組成をAlGa<sub>N</sub>としてコンタクト層の屈折率を低減することが有効であるが、埋め込み型レーザダイオードにおいては厚膜のGa<sub>N</sub>を用いることが従来必須であったために、このような問題は解決されていない。

【0006】よって現状のGa<sub>N</sub>系半導体を用いたデバイスでは動作電圧が大きくしきい値も高く、発光デバイス等への実用に供する低しきい値、低電圧で動作し、高信頼性を持つ素子を実現することは困難であった。

【0007】本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、埋め込み型構造のコンタクト層を薄膜化し電圧を低減し、同時にコンタクト層への光の漏れを減らししきい値を低減する化合物半導体素子を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の骨子は、埋め込み構造レーザダイオードにおけるコンタクト抵抗の低減とコンタクト層への光の漏れを低減することにある。

【0009】即ち本発明は、電流狭窄構造レーザダイオードにおけるコンタクト層を超格子構造とし、電圧の低減としきい値の低減を同時に達成することを特徴とする。

【0010】ここで、本発明の望ましい実施形態としては次のものがあげられる。

【0011】（1）電流狭窄構造レーザダイオード素子であること。

【0012】（2）コンタクト層がInGaAlNからなる薄膜からなること。

【0013】（3）前記コンタクト層はAlGa<sub>N</sub>とG

aNの超格子構造または組成の異なるAlGaInの超格子構造からなること。

【0014】(4)前記超格子構造を構成する各薄膜層は不純物濃度がことなること。

【0015】(5)前記超格子構造を構成する各薄膜層の膜厚は、低抵抗層が高抵抗層よりも厚いか等しいこと。

【0016】(6)前記超格子構造を構成する各薄膜層の膜厚は、100 Å (オングストローム) 以下であること。

【0017】本発明によれば、電流狭窄構造においてコンタクト層をAlGaInとGaInの超格子構造とすることによってコンタクト層の薄膜化が可能となり、低抵抗のGaIn系化合物半導体素子を得ることが可能となる。

【0018】また本発明によれば、電流狭窄構造におけるコンタクト層が従来より大幅に薄くなることによって、コンタクト層へ漏れていた光が減少し、活性層の光閉じ込め係数が上昇して低しきい値で発振する化合物半導体素子を得ることが可能となる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。

【0020】(第1の実施形態)図1は、本発明の第1の実施形態に係わるGaIn系化合物半導体の素子構造を示す断面図である。

【0021】このGaIn系化合物半導体は、例えば有機金属気相成長法(MOCVD法)により製造される。有機金属材料として、トリメチルガリウム(TMg)、トリメチルインジウム(TMI)、トリメチルアルミニウム(TMA)、ビスシクロペンタジエニルマグネシウム(Cp<sub>2</sub>Mg)を用いた。また、ガス原料としてアンモニア(NH<sub>3</sub>)、シラン(SiH<sub>4</sub>)を用い、キャリアガスとして水素と窒素を用いた。

【0022】図1においてコンタクト層11をAlGaInとGaInの超格子構造を用いた。このとき活性層注入電流密度をJとして、p電極金属12と半導体との界面(pコンタクト)およびpコンタクト層に生ずる電圧をVとすると、pコンタクトとpコンタクト層を合わせたp部のシリーズ抵抗はV/Jとして与えられる。図3において、図1のコンタクト層11をGaInとした場合、超格子コンタクト層を用いた場合について示した。図3の結果は超格子のペア数が多く、低抵抗なGaIn層がより高抵抗のAlGaInよりも厚い場合に、pコンタクト層11が薄いところでp部シリーズ抵抗V/Jが最小となることを示す。よって超格子コンタクトを用いることによりp部シリーズ抵抗を低減することが可能となる。

【0023】また超格子コンタクトを用いると、pコンタクト層11が0.5 μm程度に薄膜化できる。GaIn系半導体レーザにおいては活性層13をInGaInのMQW(量子井戸)構造、光ガイド層14をGaIn、クラ

ッド層15をAlGaInとしたSCH構造を用いるため、コンタクト層11をGaInとするとクラッド層15よりも屈折率が高いために、光がコンタクト層11に漏れるという問題が生じる。このため活性層13 InGaInの光閉じ込め係数が減少し、しきい値が上昇するという問題がある。これを図4に示す。GaInコンタクト層11が厚いほど活性層13の光閉じ込め係数Γが下がり、しきい値が上昇する。このことからコンタクト層11の薄膜化は活性層光閉じ込め係数を増加し、しきい値低減が可能になる。また、コンタクト層11をGaInからAlGaInとGaInの超格子構造とすることでコンタクト層11の平均組成がAlGaIn側に振れるので、コンタクト層11の平均屈折率が低下し、光の漏れが低減される。この様子を図5に示す。図5はpコンタクト層がGaInの場合とAlGaIn/GaIn超格子の場合の近視野像を示している。pコンタクト層11がGaInである場合に比較して、AlGaIn/GaIn超格子の場合はpコンタクト層11への光の漏れが低減される。よって本発明における超格子コンタクト層11を用いることにより活性層13の光閉じ込めが上昇し、しきい値が低減される。

【0024】ここではコンタクト層11として特にAlGaInとGaInの超格子構造を示したが、GaIn層を設けずAl組成の異なるAlGaIn層を積層した超格子構造をコンタクト層11として用いた場合も効果は同様である。また超格子を構成する各層について不純物濃度すなわちドーピング濃度を变化させることは、各層の抵抗値を变化させるという意味で効果的であり、コンタクト層11の薄膜化に効果を発揮する。ドーピング濃度は0から $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ まで適当に変化させることが望ましい。また超格子構造を形成する各層の膜厚は10~200 Åというように薄い方が好ましいが、 $\lambda/4n$ 間隔で形成して活性層の光を反射するコンタクト層とするのもよい(但しnはコンタクト層の屈折率)。例えば、In組成20%のInGaInを活性層とする場合には波長λは400 nmなので、超格子構造を構成する各層の厚さは約100 nmが望ましい厚さとなる。この間隔は発振波長により異なる。

【0025】本発明におけるように電流狭窄構造のレーザダイオードにおいてコンタクト層11を超格子構造とすることによりコンタクト層11の薄膜化が可能になる。この結果、レーザ素子全体のシリーズ抵抗が低減され、レーザ発振時の動作電圧が低減される。さらにコンタクト層11への光の漏れが低減されて活性層の光閉じ込め係数が上昇してしきい値が低減される。

【0026】本実施例においては内部電流狭窄構造図1を用いたが、n-InGaInにより電流狭窄と横モード制御を行うSBR(selectively buried ridge waveguide)構造図2に対し、AlGaIn/GaIn超格子構造コンタクト層を用いても同様の効果が期待されることは言

うまでもない。また、ここではpコンタクト層11に対して超格子構造を用いた例を実施例として挙げているが、nコンタクト層11に対して超格子構造を用いたとしても、電圧の低減、活性層光閉じ込め係数の向上でpコンタクト層と全く同じ効果が期待できる。超格子構造を適用したnコンタクト層は、特に横方向（基板に水平方向）の電気抵抗が垂直方向に比較して低抵抗になるため、基板の一方の側に電極を付ける場合には、超格子構造のnコンタクト層は極めて有効である。

【0027】なお、本実施例においてはサファイア基板を用いたため、p、n電極は一方の側に設けているが、導電性の基板であれば基板の両側にp電極、n電極を設けることが可能である。基板は他にもGa<sub>2</sub>N、Si、SiC、MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>なども適用可能である。

【0028】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、電流狭窄構造のGa<sub>2</sub>N系化合物半導体素子において、コンタクト層をAlGa<sub>2</sub>NとGa<sub>2</sub>Nの超格子構造にすることによりコンタクト層の薄膜化が可能になり、またコンタクト層への光も漏れを大幅に低減でき、この結果活性層の光閉じ込め係数を従来よりも高くすることができた。

これらの効果によって、この薄膜を用いて発光素子を作製すれば、低電圧で動作し、低しきい値で発振する窒化ガリウム系化合物半導体素子を実現することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係わる半導体構造を示す断面図である。

【図2】第1の実施形態に係わる他の半導体構造を示す断面図である。

【図3】pコンタクトとpコンタクト層のシリーズ抵抗のpコンタクト厚依存性を示すグラフである。

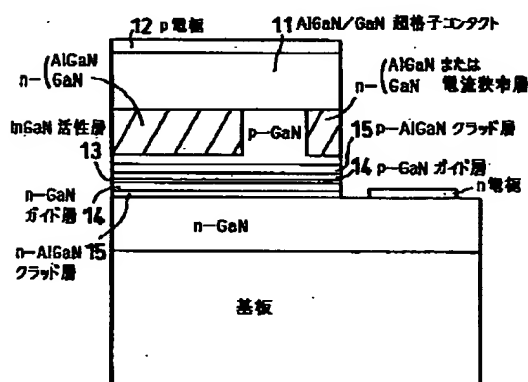
【図4】活性層光閉じ込め係数 $\Gamma$ 、しきい値 $J_{th}$ のコンタクト層厚依存性を示すグラフである。

【図5】コンタクト層による近視野像の違いを示すグラフである。

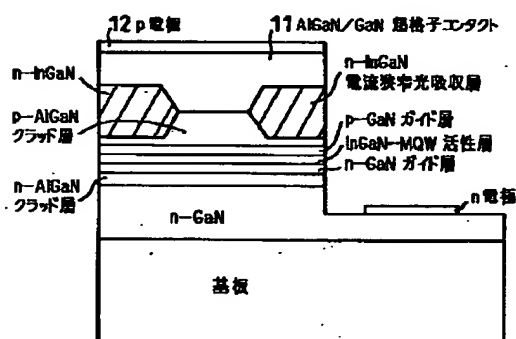
【符号の説明】

- 11 コンタクト層
- 12 p電極金属
- 13 活性層
- 14 光ガイド層
- 15 クラッド層

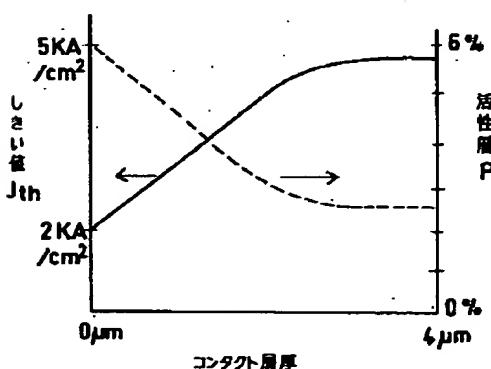
【図1】



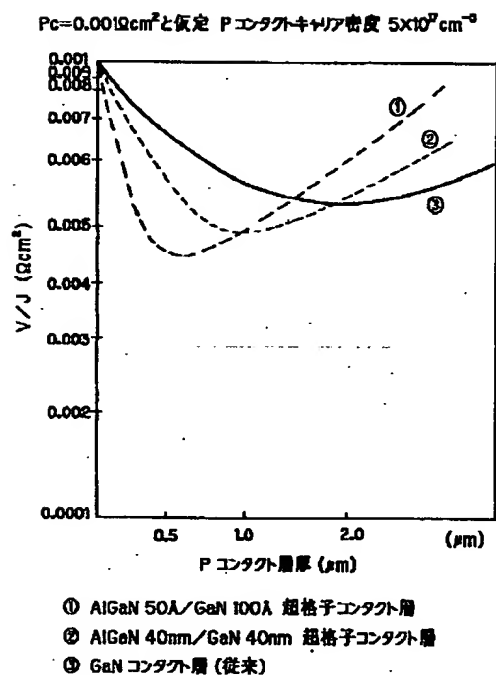
【図2】



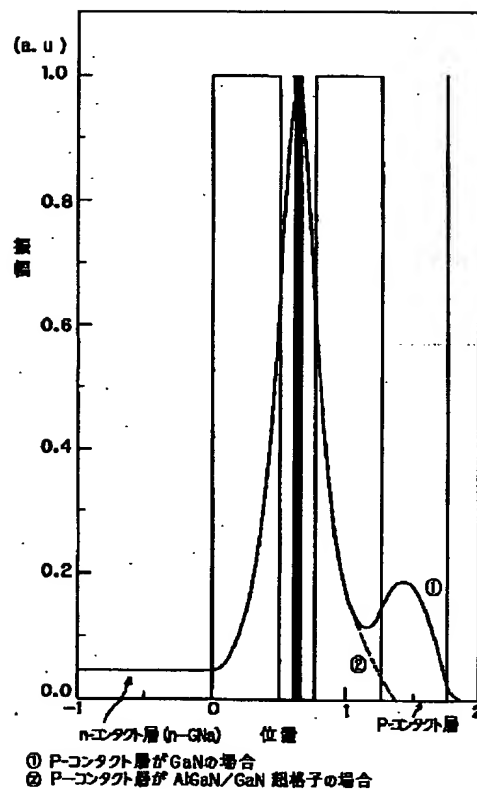
【図4】



【図3】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 ジョン レニー  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

Fターム(参考) 5F041 AA08 CA05 CA14 CA40 CA65  
CA99 CB02 FF16  
5F073 AA09 AA21 AA71 AA74 AA89  
BA06 CA07 CB02 CB04 CB05  
DA05 EA07 EA23